



TUGAS AKHIR - TK 145501

PEMBUATAN BIOGAS DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN BIOREAKTOR ANAEROBIK

CATUR WULANDARI
NRP. 2314 030 034

QITHRIN LABIBA
NRP. 2314 030 103

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TK 145501

PEMBUATAN BIOGAS DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN BIOREAKTOR ANAEROBIK

CATUR WULANDARI
NRP. 2314 030 034

QITHRIN LABIBA
NRP. 2314 030 103

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TK 145501

PRODUCTION BIOGAS FROM A MIXTURE BANANA PEEL AND COW FECES USING ANAEROBIC BIOREACTOR

CATUR WULANDARI
NRP. 2314 030 034

QITHRIN LABIBA
NRP. 2314 030 103

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
DEPARTMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PEMBUATAN BIOGAS DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN KOTORAN
SAPI MENGGUNAKAN BIOREAKTOR ANAEROBIK
TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

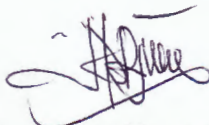
Oleh

Catur Wulandari
Qithrin Labiba

(NRP 2314 030 034)
(NRP 2314 030 103)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.
NIP. 19580708 198701 1 001

Mengetahui,

**Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS**



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 27 JULI 2017

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 13 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul
“Pembuatan Biogas dari Campuran Kulit Pisang dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor Anaerobik”, yang disusun oleh :

Catur Wulandari
Qithrin Labiba

(NRP 2314 030 034)
(NRP 2314 030 103)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Elly Agustiani, M.Eng.

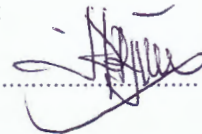


2. Warlinda Eka Triastuti, S.Si, M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.



SURABAYA, 27 JULI 2017

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PEMBUATAN BIOGAS DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN BIOREAKTOR ANAEROBIK”**. Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi D III Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal proses pembuatan produk pada industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah pembuatan produk (inovasi produk).

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya atas selesainya Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit diungkapkan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Ibu Ir. Elly Agustiani M.Eng selaku dosen penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT selaku dosen penguji Tugas Akhir, Koordinator Tugas Akhir dan Dosen Wali Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng selaku Dosen Wali Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Segenap dosen, staf dan karyawan Program Studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan di sini yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini.
9. Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses awal sampai akhir penulisan Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terimakasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

PEMBUATAN BIOGAS DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN KOTORAN SAPI MENGUNAKAN BIOREAKTOR ANAEROBIK

Nama Mahasiswa : 1. Catur Wulandari 2314 030 034
2. Qithrin Labiba 2314 030 103
Program Studi : DIII Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suprijanto, M.Sc.

ABSTRAK

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut anaerobik digestion. Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih dari 50 %) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh dari variasi campuran kulit pisang dengan kotoran sapi sebagai starter dalam pembentukan biogas dan mengetahui volume gas yang dihasilkan pada proses anaerobic digestion dengan menggunakan kotoran sapi sebagai starter.

Adapun metode yang dilakukan pada penelitian ini yang pertama tahap pretreatment pada bahan baku yaitu mencampur kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:2. Bahan baku kulit pisang menggiling kulit pisang dan air dengan perbandingan 1:3. Tahap kedua adalah tahap pencampuran Mengukur limbah kulit pisang hingga volume 2000 ml kemudian menambahkan kotoran sapi sebanyak 4 kg dan kulit pisang yang sudah digiling sebanyak 2000 ml. Selanjutnya adalah tahap fermentasi dengan cara Memasukkan campuran kulit pisang dan kotoran sapi tersebut kedalam reaktor fixed dome kemudian menutup dengan rapat, kemudian menambahkan pipa dan kran pada tutup reaktor sebagai aliran gas dan menyalurkannya ke dalam penampung dan terakhir mengamati volume gas yang telah dihasilkan dalam rentang waktu 24 jam.

Kata kunci: *Biogas, kulit pisang, kotoran sapi.*

PRODUCTION BIOGAS FROM A MIXTURE BANANA PEEL AND COW FECES USING ANAEROBIC BIOREACTOR

Student name : 1. Catur Wulandari 2314 030 034
2. Qithrin Labiba 2314 030 103
Study program : DIII Teknik Kimia FTI-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Suprijanto, M.Sc.

ABSTRACT

Biogas is a process of producing bio gas from organic material with the help Bacteria. The process of degradation of this organic material without involving oxygen is called anaerobic digestion. The gas produced is mostly (more than 50%) in the form of methane. Organic material collected On the digester (reactor) will be decomposed into two stages with the help of two types of bacteria.

Aim From this research is Know the influence of variation of banana skin mixture with dirt Cow as a starter in the formation of biogas and know the volume of gas produced on Anaerobic digestion process ddengan use cow dung sebgai starter. The method used in this study is the first stage of pretreatment on Raw material that is mixing cow dung and water with ratio 1: 2. Banana peel raw materials Grind the skin of banana and water with a ratio of 1: 3. The second stage is the mixing stage Measure banana peel waste up to 2000 ml volume then add as much cow dung 4 kg and banana peel that has been milled as much as 2000 ml. Next is the fermentation stage By inserting a mixture of banana peels and cow manure into a fixed dome reactor Then closes tightly, then adds pipe and faucet to the reactor cover as Gas flow and channel it into the container and finally observe the volume of gas that has been Generated within 24 hours.

Keywords: Biogas, banana peel, cow dung.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan Inovasi Produk	I-3
I.5 Manfaat Produk	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pendahuluan	II-1
II.2 Proses Pembuatan Biogas.....	II-6
II.3 Pemanfaatan Limbah Pertanian dan Peternakan	II-8
II.4 Biodigester.....	II-15
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
3.1 Bahan yang Digunakan	III-1
3.2 Peralatan yang Digunakan.....	III-1
3.3 Prosedur Percobaan.....	III-1
3.4 Diagram Alir	III-3
3.5 Tempat Pelaksanaan	III-6
3.6 Sketsa Alat.....	III-7
BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Percobaan.....	IV-1
4.2 Pengaruh HRT Terhadap Volume Biogas.....	IV-3
4.3 Pembahasan.....	IV-5
BAB V NERACA MASSA DAN PANAS	
V.1 Neraca Massa	V-1
V.2 Neraca Panas	V-6
BAB VI ESTIMASI BIAYA	
VI.1 Anggaran Biaya Pembuatan Produk	VI-1

VI.2 Harga Pokok Penjualan (HPP).....	VI-3
VI.3 <i>Break Event Point</i> (BEP)	VI-3
BAB VII KESIMPULAN	
VII.1 Kesimpulan.....	VIII-1
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN :	
1. APPENDIKS A NERACA MASSA	
2. APPENDIKS B NERACA PANAS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Biogas Sebagai Sumber Energi	II-4
Gambar 2.2	Limbah Kulit Pisang	II-12
Gambar 2.3	Kotoran Sapi	II-15
Gambar 2.4	Reaktor <i>Fixed Dome</i>	II-18
Gambar 2.5	Reaktor <i>Floating Drum</i>	II-19
Gambar 2.6	Reaktor Balon	II-20

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Volume Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dan Kulit Pisang dengan HRT 34 Hari dan 85 Hari	IV-3
Grafik 4.2	Volume Biogas dengan HRT 85 Hari	IV-4
Grafik 4.3	Volume Akumulasi Biogas dengan HRT 85 Hari.....	IV-5

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Kimia Kulit Pisang	II-11
Tabel 2.2	Komposisi Biogas dari Bahan Baku Kotoran Sapi.....	II-13
Tabel 2.3	Kandungan Kotoran Sapi Kering	II-14
Tabel 2.4	Perbandingan C/N Untuk Beberapa Jenis Kotoran Hewan Menurut Referensi.....	II-20
Tabel 2.5	Komposisi Kotoran Sapi dan Keluaran Menurut Referensi.....	II-21
Tabel 2.6	Harga Rata-Rata Bahan Kering Beberapa Kotoran Menurut Meynell	II-22
Tabel 4.1	Volume Biogas Terhadap <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 34 dan 85 Hari dari Campuran Kotoran Sapi dan Kulit Pisang	IV-1
Tabel 4.2	Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 85 Hari Terhadap Volume Biogas Dari Kotoran sapi, Kulit Pisang dan Campuran.....	IV-2
Tabel 4.3	Pengaruh pH di dalam Digester	IV-3
Tabel 5.1	Komposisi Aliran 1	V-1
Tabel 5.2	Komposisi Aliran 2	V-1
Tabel 5.3	Komposisi Aliran 3	V-2
Tabel 5.4	Neraca Massa Proses Mixing.....	V-2
Tabel 5.5	Neraca Massa Proses Fermentasi.....	V-4
Tabel 5.6	Neraca Massa Proses Absorpsi	V-5
Tabel 5.7	<i>Heat Capacity of The Element</i>	V-6
Tabel 5.8	Menghitung <i>Heat Capacity</i>	V-7
Tabel 5.9	Data Kapasitas Panas (Cp) Komponen.....	V-7
Tabel 5.10	Data <i>Heat of Formation</i>	V-7
Tabel 5.11	Perhitungan Hreaksi Asidogenesis	V-8
Tabel 5.12	Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis.....	V-8
Tabel 5.13	Perhitungan Hreaksi Asetogenesis.....	V-9
Tabel 5.14	Perhitungan ΔH_{25} Asetogenesis	V-9
Tabel 5.15	Perhitungan Hreaksi Metanogenesis.....	V-9
Tabel 5.16	Perhitungan ΔH_{25} Metanogenesis	V-10

Tabel 6.1	Investasi Peralatan Proses Produksi.....	VI-1
Tabel 6.2	Investasi Bahan Habis Pakai Perbulan	VI-1
Tabel 6.3	Pendukung Utilitas	VI-2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan persoalan krusial di dunia beberapa tahun terakhir ini. Peningkatan konsumsi energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia, serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan. Selain itu, peningkatan harga minyak dunia hingga mencapai US \$ 100 per barel menjadi alasan yang serius bagi negara-negara di dunia terutama Indonesia. Meningkatnya harga minyak dunia akan memberikan dampak yang besar bagi pembangunan bangsa Indonesia. Produksi BBM tidak seimbang dengan konsumsi berdampak defisit yang harus dipenuhi melalui impor. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukan cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam dua dekade mendatang. Kebutuhan minyak bumi berkisar antara 87,1 juta barel per hari sedangkan berdasarkan *Word Energy Report, OPEC Report 2008* cadangan minyak dunia berada pada posisi 1.195.318 juta barel. Cadangan minyak mentah terbesar berada di Saudi Arabia 264,3 milyar barel dan Indonesia tercatat dengan produksi 4,4 milyar barel (Amaru, 2004).

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan. Karena produksi biogas dari kotoran peternakan sapi ditunjang oleh kondisi yang kondusif perkembangan peternakan sapi di Indonesia akhir-akhir ini. Disamping itu regulasi di bidang energi seperti kenaikan tarif listrik, kenaikan harga LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Ana, 2005).

Pada beberapa tahun terakhir istilah biogas memang sudah tidak asing lagi di telinga masyarakat kita. Telah banyak terobosan



teknologi tepat guna yang diciptakan baik kalangan insiyur, akademisi maupun masyarakat umum untuk pemanfaatan salah satu energi alternatif terbarukan ini. Bahkan sebagian masyarakat pedesaan di beberapa propinsi, terutama para peternak sapi telah menggunakan teknologi ramah lingkungan ini sebagai pemenuhan kebutuhan bahan bakar sehari-hari. Dengan kata lain, mereka telah berhasil mencapai swadaya energi dengan tidak lagi menggunakan minyak tanah untuk memasak, bahkan juga untuk penerangan (Nur, 2015).

Pemanfaatan limbah peternakan (kotoran ternak) merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi naiknya harga pupuk dan kelangkaan bahan bakar minyak. Apalagi pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber bahan bakar dalam bentuk biogas. Teknologi dan produk tersebut merupakan hal baru bagi masyarakat petani dan peternak. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber energi, tidak mengurangi jumlah pupuk organik yang bersumber dari kotoran ternak. Hal ini karena pada pembuatan biogas kotoran ternak yang sudah diproses dikembalikan ke kondisi semula yang diambil hanya gas metana (CH_4) yang digunakan sebagai bahan bakar. Kotoran ternak yang sudah diproses pada pembuatan biogas dipindahkan ke tempat lebih kering, dan bila sudah kering dapat disimpan dalam karung untuk penggunaan selanjutnya (Sugi, 2009).

Limbah pertanian umumnya kaya akan komponen C, tetapi kekurangan N. Sebaliknya limbah peternakan umumnya kaya akan N tetapi kekurangan C, sehingga perlu disinergiskan antara limbah pertanian dan peternakan. Feses sapi sebagai limbah peternakan diperlukan sebagai sumber C dan N dalam pembentukan gas metan. Feses sapi sebagai bahan isian utama mempunyai rasio C/N sebesar 22,12, maka perlu ditambah sumber C agar rasio C/N menjadi ideal yaitu 30:1. *Bagasse* adalah limbah pertanian yang kaya unsur C dengan rasio C/N 150. *Bagasse* memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dan daya cerna yang rendah sehingga tidak baik dan kurang berpotensi jika dimanfaatkan sebagai pakan ternak. *Bagasse* sangat potensial digunakan sebagai bahan isian



digester untuk menghasilkan biogas. Berbagai penelitian telah dilakukan dan dapat membuktikan bahwa *bagasse* dapat dijadikan sebagai bahan campuran isian digester untuk menghasilkan biogas (Saputra, 2010).

Biogas merupakan *renewable energy* yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk mengganti bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam. Akhir-akhir ini diversifikasi penggunaan energi menjadi isu yang sangat penting karena berkurangnya sumber bahan baku minyak. Pemanfaatan limbah untuk memproduksi biogas dapat memperkecil konsumsi sumber energi komersial seperti minyak tanah dan juga penggunaan kayu bakar. Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi anaerob dalam sebuah alat atau bangunan yang disebut reactor. Biogas yang diperoleh dengan konsentrasi metan yang tinggi memiliki nilai kalor dan laju pembakaran yang tinggi (Abbas, 2012).

Berdasarkan pemaparan diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kulit pisang terhadap kotoran sapi sebagai substrat dalam proses fermentasi metanogenik. Dengan adanya penelitian ini tentang pemanfaatan kotoran sapi dan limbah pertanian khususnya kulit pisang sebagai substrat pembuatan biogas sebagai upaya penanggulangan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas peternakan dan pertanian serta menciptakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan *renewable* (Abbas, 2012).

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan dicoba diselesaikan dalam percobaan biogas :

1. Bagaimana pengaruh dari variasi campuran kulit pisang dengan kotoran sapi dalam pembentukan biogas?
2. Berapa HRT yang diperlukan untuk menghasilkan volume biogas yang baik?



3. Bagaimana pengaruh HRT (Hydraulic Retention Time) pada 85 dan 34 hari terhadap hasil biogas secara kualitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam percobaan ini, batasan masalah yang akan dipakai adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku yang digunakan berasal dari limbah kulit pisang kepok.
2. Rasio perbandingan kulit pisang dengan kotoran sapi yaitu 2:1.

1.4 Tujuan Inovasi Produk

Tujuan dari percobaan biogas dari bahan baku limbah cair pabrik gula merah dan ampas tebu yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh dari variasi campuran kulit pisang dengan kotoran sapi dalam pembentukan biogas
2. Mengetahui HRT yang diperlukan untuk menghasilkan volume biogas yang baik
3. Mengetahui pengaruh HRT (Hydraulic Retention Time) pada 85 dan 34 hari terhadap hasil biogas secara kualitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik

1.5 Manfaat Inovasi Produk

1. Memanfaatkan limbah kulit pisang untuk dimanfaatkan dan diolah menjadi biogas sebagai bahan bakar alternative terbarukan.
2. Meningkatkan nilai ekonomi limbah kulit pisang sehingga memiliki daya jual yang tinggi
3. Mengurangi produksi limbah berlebih yang tidak bernilai dan merugikan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

2.1.1 Sejarah Biogas

Produksi gas metana dari biomasa bukan merupakan proses baru, Alexander Volta di abad 18 menemukan gas metana dalam gas yang dihasilkan rawa atau payau. Ide dan percobaan bagaimana proses ini dapat digunakan telah berjalan selama 100 tahun kebelakang. Secara prinsip pembuatan gas bio sangat sederhana, dengan memasukkan substrat (kotoran hewan atau manusia) ke dalam unit pencernaan (digester), ditutup rapat dan selama beberapa waktu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi (*Sutrisno, 2007*).

Pemanfaatan biogas bukanlah hal yang baru, gas ini telah dipakai sekitar 200 tahun. Pada era sebelum ada listrik, di London biogas diperoleh dari saluran pembuangan bawah tanah dan digunakan sebagai bahan bakar lampu jalan yang terkenal dengan nama *gaslight*. Pada saat ini biogas dapat dimanfaatkan untuk memenuhi energi yang dibutuhkan dalam bentuk udara panas, air panas atau uap panas. Setelah melalui penyaringan biogas digunakan untuk bahan bakar generator yang akan merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Biogas juga dapat digunakan untuk menggantikan gas alam atau propana untuk pemanas ruangan, refrigerator atau kompor gas. Biogas yang telah dipadatkan dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan (*Haryati, 2006*).

Beberapa negara telah membuat program biogas dalam skala besar, Tanzania misalnya, membuat model berdasarkan integrasi rekoveri sumber bahan baku yang berasal dari limbah kota dan industri untuk menghasilkan tenaga listrik dan pupuk. Produksi biogas dalam skala kecil sudah umum dilakukan di pedesaan terutama di Cina dan India. Pada akhir tahun 1993, sekitar seperlima sampai seperempat juta petani telah mempunyai digester biogas, dengan produksi metana sekitar 1,2 miliar m³ per tahun. Di India, teknologi biogas telah berkembang dan



didiseminasikan secara luas untuk memenuhi kebutuhan energi di pedesaan, contohnya untuk pompa irigasi dan listrik. Sampai saat ini telah dibangun lebih dari 2 juta digester dan menyumbangkan hampir 200.000 pekerjaan tetap (Haryati, 2006).

Beberapa program telah dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan penggunaan teknologi biogas, seperti demonstrasi instalasi dan pelatihan mengoperasikan digester untuk masyarakat. Di tahun 1984, jumlah digester yang telah dibangun di Indonesia hanya 100 unit, sembilan tahun kemudian menjadi 350 unit. Peningkatan jumlah digester yang tidak signifikan ini disebabkan mahal biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun instalasi digester (Haryati, 2006).

2.1.2 Definisi Biogas

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut anaerobik *digestion*. Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih dari 50 %) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana. Setelah material organik berubah menjadi asam, maka tahap kedua dari proses anaerobik *digestion* adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methanobacterium* (Rizqi, 2015).

Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen (H_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3) serta nitrogen (N) yang kandungannya sangat kecil.



Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana (CH_4) semakin kecil nilai kalor (Adelisa, 2015).

Bahan baku biogas pada umumnya semua bahan organik yang mudah membusuk seperti sampah organik yang memiliki rasio C/N sebesar 8-20, kotoran hewan, serta kotoran manusia dapat dijadikan biogas. Kotoran unggas maupun hewan ternak dipilih karena ketersediaannya yang melimpah, memiliki keseimbangan nutrisi, mudah dicerna, dan relatif dapat diproses secara biologi (Rostika, 2016).

2.1.3 Potensi Pengembangan Biogas di Indonesia

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan. Karena produksi biogas dari kotoran peternakan sapi ditunjang oleh kondisi yang kondusif perkembangan peternakan sapi di Indonesia akhir-akhir ini. Disamping itu regulasi di bidang energi seperti kenaikan tarif listrik, kenaikan harga LPG (Liquefied Petroleum Gas), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Nurhasanah, 2005).

Menurut UNDP, *Korea Energy Management Corporation (KEMCO)* dan PT. Bumi Harmoni Indraguna (2010), setiap 1 ekor ternak sapi/kerbau dapat menghasilkan sekitar 0,6 m³ biogas per hari. Jumlah total sapi di Indonesia sekitar 15 juta ekor. Jumlah sapi tersebut berpotensi menghasilkan biogas sebesar 9 juta m³/hari. Dalam sebulan potensi gas yang dihasilkan mencapai 270 juta m³ dan dalam setahun menghasilkan 3285 juta m³. Potensi ekonomis biogas adalah sangat besar, hal tersebut mengingat bahwa 1 m³ biogas dapat digunakan setara dengan 0,62 liter minyak tanah, maka produksi gas nasional tersebut di atas setara dengan 2,036 milyar liter minyak tanah. Jika biogas dimanfaatkan masyarakat Indonesia sebagai energi alternatif pengganti minyak tanah untuk



memasak maka dapat menghemat dana sekitar Rp.22,4 trilyun/tahun (harga minyak tanah Rp11.000,-) (Zalizar, 2014).

2.1.4 Manfaat dari Pembuatan Biogas

Menurut Abshami (2014) bahwa produk utama dari biogas adalah gas metan yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung kehidupan masyarakat. Manfaat biogas yang tidak secara langsung adalah menjaga kelestarian lingkungan hidup dan konservasi sumberdaya alam, dan lain-lain. Secara lebih rinci manfaat penggunaan biogas adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Langsung :

- Sebagai sumber energi untuk skala rumah tangga

Biogas yang diproduksi oleh satu unit instalasi biogas dapat digunakan sebagai sumber energi bahan bakar dalam skala rumah tangga. Sebagai contoh bahan bakar gas atau kompor.

- Sebagai sumber energi untuk penerangan

Biogas sebagai sumber energi untuk penerangan dengan cara yang sama seperti pemanfaatan untuk memasak, artinya kompor sebagai titik akhir penggunaan biogas diganti dengan lampu. Lampu yang digunakan adalah lampu yang dirancang khusus atau lampu petromaks yang dimodifikasi.



Gambar 2.1 Biogas Sebagai Sumber Energi

- Penghasil pupuk organik siap pakai



Manfaat lain dari penerapan biogas adalah dapat menyediakan pupuk organik siap pakai dalam jumlah banyak sesuai dengan kapasitas digester yang dibangun dan bahan baku yang digunakan. Kotoran ternak yang telah diproses dalam digester biogas dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik, dan kaya akan kandungan unsur Nitrogen (N). Bahan baku biogas seperti kotoran ternak merupakan bahan organik yang mempunyai kandungan Nitrogen (N) tinggi di samping unsur C, H, dan O. Selama proses pembuatan biogas, unsur C, H, dan O akan membentuk CH_4 dan CO_2 , dan kandungan N yang ada masih tetap bertahan dalam sisa bahan, yang akhirnya akan menjadi sumber N bagi pupuk organik.

2. Manfaat Tidak Langsung

- Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca

Penerapan biogas dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran hewan untuk memproduksi biogas dan diperoleh hasil samping berupa pupuk organik. Penerapan biogas dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi energi biogas.

- Meningkatkan sanitasi lingkungan dan keindahan

Kotoran ternak dan limbah organik lainnya apabila tidak dikelola dengan baik dan berserakan dimana-mana, maka akan dapat mengganggu keindahan dan berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat di sekitarnya. Disamping itu, terdapat kemungkinan bahwa kotoran ternak banyak mengandung bakteri Colly yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungannya. Dengan penerapan biogas, dampak negatif tersebut dapat dikurangi atau dihilangkan.



2.2 Proses Pembuatan Biogas

2.2.1 Tahapan Pembuatan Biogas

Menurut Haryati (2006) bahwa pembentukan biogas meliputi tiga tahap proses yaitu:

- a. Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer
- b. Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbondioksida, hidrogen dan amonia
- c. Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida. Gambar 1 memperlihatkan alur proses perombakan selulosa hingga terbentuk gas.

Adapun bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik ini yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fermentatif yang mengubah gula dan asam amino tadi menjadi asam organik, bakteri asidogenik mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat dan bakteri metanogenik yang menghasilkan metan dari asam asetat, hidrogen dan karbondioksida (Haryati, 2006)

Optimisasi proses biogas akhir-akhir ini difokuskan pada proses pengontrolan agar mikroorganisme yang terlibat dalam keadaan seimbang, mempercepat proses dengan peningkatan desain digester dan pengoperasian fermentasi pada temperatur



yang lebih tinggi dan peningkatan biogas yang dihasilkan dari bahan dasar biomasa lignoselulosa melalui perlakuan awal (Haryati, 2006).

Di dalam digester biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asidogenik dan bakteri metanogenik. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang berimbang. Bakteri-bakteri ini memanfaatkan bahan organik dan memproduksi metan dan gas lainnya dalam siklus hidupnya pada kondisi anaerob. Mereka memerlukan kondisi tertentu dan sensitif terhadap lingkungan mikro dalam digester seperti temperatur, keasaman dan jumlah material organik yang akan dicerna. Terdapat beberapa spesies metanogenik dengan berbagai karakteristik. Bakteri ini mempunyai beberapa sifat fisiologi yang umum, tetapi mempunyai morfologi yang beragam seperti *Methanomicrobium*, *Methanosarcina*, *Metanococcus*, *Methanotherrix* (Haryati, 2006).

Bakteri metanogenik tidak aktif pada temperatur sangat tinggi atau rendah. Temperatur optimumnya yaitu sekitar 35°C. Jika temperatur turun menjadi 10°C, produksi gas akan terhenti. Produksi gas yang memuaskan berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25 - 30°C. Biogas yang dihasilkan pada kondisi di luar temperatur tersebut mempunyai kandungan karbondioksida yang lebih tinggi. Pemilihan temperatur yang digunakan juga dipengaruhi oleh pertimbangan iklim. Untuk kestabilan proses, dipilih kisaran temperatur yang tidak terlalu lebar. Pada cuaca yang hangat, digester dapat dioperasikan tanpa memerlukan pemanasan. Instalasi digester di bawah tanah berfungsi sebagai proses insulasi sehingga akan memperkecil biaya pemanasan (Haryati, 2006).



2.2.2 Kandungan dan Komposisi Biogas

Biogas yaitu sumber *renewable energy*, yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi yang berasal dari fosil, yang selama ini dominan digunakan yaitu bahan bakar minyak dan gas alam. Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah organik peternakan untuk menghasilkan energi dan pupuk sehingga diperoleh keuntungan secara sosio-ekonomi maupun dari segi lingkungan (Haryati, 2006).

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Pada biogas ini tidak terdapat standar SNI, hanya terdapat komposisi biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida (H_2S) dan ammonia (NH_3) serta hidrogen dan (H_2), nitrogen yang kandungannya sangat kecil (Price, 1981).

2.3 Pemanfaatan Limbah Pertanian dan Peternakan

2.3.1 Jerami

Jerami padi mempunyai kandungan C/N antara 50-70. Pembentukan biogas optimum terjadi pada substrat dengan rasio C/N 20-30. Untuk memenuhi rasio C/N tersebut jerami padi perlu dikombinasi dengan sawi hijau dengan kandungan C/N 12-20. Sawi Hijau (*Brassica Juncea*) mempunyai kandungan asam-asam amino yang merupakan sumber nitrogen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan sel. Kombinasi campuran jerami padi dan sampah sayur sawi hijau dengan komposisi tertentu akan mendapatkan pH 7 yang merupakan pH yang sesuai untuk pembentukan biogas (Herawati, 2010).

2.3.2 Eceng Gondok

Eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan dalam komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan



campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan produk campuran turunan yang dapat diolah dengan metode anaerobik digestion untuk menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa metan dan karbon dioksida yang biasa disebut biogas. Eceng gondok mengandung 95% air dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan biogas (Yonthan, 2013).

2.3.3 Ampas Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah salah satu bahan baku potensial pembuatan biodiesel yang ketersediaannya di dalam negeri cukup banyak. Akan tetapi, minyak kelapa merupakan komoditas yang berharga cukup mahal di pasar internasional, karena sangat dibutuhkan oleh industri kimia dan pangan. Untuk menghindari persaingan penyediaan/pengadaan minyak kelapa sebagai bahan baku kedua industri tersebut dengan produsen biodiesel, maka cara lain memproduksi biodiesel berbahan baku kelapa adalah dengan memanfaatkan minyak kelapa yang masih terkandung di dalam ampas kelapa (Adelisa 2015).

Ampas kelapa merupakan hasil samping dari ekstraksi parutan daging kelapa untuk mendapatkan santan sebagai bahan baku pembuatan minyak kelapa. Kandungan minyak di dalam ampas kelapa berkisar 12,2% – 15,9% sehingga merupakan potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Selama ini ampas kelapa sebagian kecil yang dimanfaatkan, sisanya terbuang ke lingkungan sebagai limbah, dengan mengolahnya menjadi biodiesel akan meningkatkan daya guna dari ampas kelapa (Adelisa 2015).

Salah satu limbah dari produksi adalah bungkil atau ampas kelapa, daging kelapa yang hanya diambil santan-nya saja tersebut hanya dibuang begitu saja. Padahal berat daging kelapa yang adalah sekitar 34 - 42% dari keseluruhan buah kelapa itu masih mengandung nutrisi yang berguna bagi ternak, khususnya hewan ruminansia besar. Daging buah kelapa mengandung 3,72% protein



kasar, 35,52 – 37,11%, lemak, serat kasar 3,03 - 4,07% dan sekitar 6,3 - 7 KJg energi yang dapat di metabolis. Ampas kelapa juga merupakan limbah pada pembuatan makanan, yang berbahan dasar kelapa, ampas kelapa gampang sekali menjamur, sehingga untuk menghindari penjamuran (tengik) saat penyimpanan untuk jangka waktu lama, ampas kelapa dianjurkan untuk menurunkan kadar airnya terlebih dahulu, dengan cara dijemur di bawah sinar matahari (Adelisa 2015).

Potensi limbah ampas kelapa didukung dengan fakta, bahwa dunia masih mengakui bahwa Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia, yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 3,7 juta ha; perkebunan milik pemerintah seluas 4.669 ha serta milik swasta seluas 66.189 ha. Selama 34 tahun, luas tanaman kelapa meningkat dari 1,66 juta hektar pada tahun 1969 menjadi 3,86 juta hektar pada tahun 2011 dan tersebar diseluruh Indonesia (BPS, 2014).

2.3.4 Kulit Pisang

Kulit pisang merupakan limbah buangan dari buah pisang yang cukup banyak. Umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara kasat mata, hanya dibuang sebagai limbah organik atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Kulit pisang masih belum mendapatkan penanganan yang cukup karena pada limbah pisang masih mengandung pati, protein dan serat yang cukup tinggi, karena diketahui pada umumnya tebal kulit pisang adalah 41 bagian dari buahnya, oleh karena itu diperlukan pemikiran usaha untuk memanfaatkannya (Dewati, 2008).

Pisang kepok memiliki banyak jenis, namun yang terkenal adalah pisang kepok kuning dan kepok putih. Daging buah pisang kepok kuning berwarna putih sedangkan kepok putih berwarna putih. Daging buahnya bertekstur agak keras. Pisang kepok kuning memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan kepok putih. Buah pisang kepok tidak beraroma harum. Kulit buah pisang kepok sangat tebal, pada buah yang sudah masak berwarna hijau



kekuningan. Dalam satu tandan bisa terdapat hingga 16 sisir dan pada setiap sisirnya terdapat hingga 20 pisang, berat setiap tandannya sekitar 14-22 kg (*Fitria, 2013*).

Pisang merupakan tanaman hortikultura yang memiliki tingkat produksi cukup tinggi di Indonesia dan memiliki kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun. Potensi limbah kulit pisang mengacu pada produksi pisang. Pada Tahun 2013 produksi pisang di Indonesia mencapai 938.280 ton (*BPS, 2014*).

Buah pisang banyak mengandung karbohidrat baik isinya maupun kulitnya. Umumnya masyarakat hanya memakan buahnya saja dan membuang kulit pisang begitu saja. Di dalam kulit pisang ternyata memiliki kandungan vitamin C, pati, protein, dan juga lemak yang cukup, seperti hasil analisa kimia kulit pisang di bawah ini:

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Kulit Pisang

Unsur	Jumlah (%)
Air	73,6
Pati	11,48
Protein	2,15
Lemak	1,34
Gula Reduksi	7,62
Vitamin C/100 g	36
Serat Kasar	1,52
Abu	1,03

Pada **Tabel 2.1**, Secara garis besar kandungan yang paling besar adalah air yaitu 73,6% dan pati sebesar 11,48%. Selain itu kulit pisang juga memiliki kandungan vitamin C 36% (*Dewati, 2008*).

Hasil penelitian campuran antara limbah kotoran sapi dengan limbah kulit pisang terlihat bahwa pada proses anaerobik digester sampel kulit pisang dan pisang tidak layak jual, mulai hari ke-3 telah terbentuk biogas. Dengan semakin bertambahnya waktu produksi biogas akan meningkat pada setiap variasi perbandingan substrat dengan air. Kenaikan produksi biogas masih terus terjadi setelah hari ke-35. Jumlah biogas terbentuk sampai hari ke-35



adalah 176; 224; dan 261 liter/kg *Volatile Solids* untuk perbandingan substrat dengan air (R) 1; 1,5 dan 2. Kecepatan produksi biogas cenderung stabil sampai hari ke-35. Kemudian setelah hari ke-35 kecepatan produksi biogas terlihat mulai menurun. Volume produksi biogas tertinggi diperoleh pada perbandingan substrat dengan air (R) = 2 (Hidayati, 2012).

Kemudian HRT terendah untuk kulit pisang adalah 25 hari, sehingga tingkat maksimum produksi gas sebesar 0,76 vol/hari dengan pemanfaatan substrat 36%, kulit pisang yang HRT di bawah 25 hari menunjukkan penurunan drastis kadar metana (Bardiya, 1996).

Kemudian total potensi produksi metana dari seluruh pisang dengan yield metana untuk volatil padatan masing-masing tertentu adalah 0,256 m³ kg⁻¹ untuk batang, 0,322 m³ kg⁻¹ untuk kulit, dan 0,367 m³ kg⁻¹ untuk buah (Khan, 2009).



Gambar 2.2 Limbah Kulit Pisang

Kulit pisang merupakan sumber yang kaya pati (3%), protein kasar (6-9 %), lemak kasar (3,8-11%), serat makanan total (43,2-49,7 %) dan asam lemak ganda tak jenuh (PUFA), terutama asam linoleat dan α -linoleat, pektin, asam amino esensial (leusin, valin, fenilalanin dan treonin) dan mikronutrien (K, P, Ca, Mg). Kulit pisang juga merupakan sumber yang baik dari lignin (6-12 %), pectin (10-21 %), selulosa (7,6-9,6 %) dan asam galaktouronat. Sehingga, kulit pisang bisa menjadi bahan pakan yang baik untuk ternak dan unggas. Kulit pisang juga dapat digunakan dalam



minuman anggur, produksi etanol, sebagai substrat untuk produksi biogas dan sebagai bahan dasar untuk ekstraksi pektin. Abu kulit pisang dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman pisang dan sebagai sumber alkali untuk produksi sabun. Ekstrak etanol kulit pisang dapat digunakan sebagai penghambat korosi untuk baja ringan. Kulit pisang juga dapat digunakan di pabrik pengolahan air limbah (Fitria, 2013).

2.3.5 Kotoran Sapi

Upaya mewujudkan ketahanan energi tidak dapat dilepaskan dari isu-isu lingkungan baik lokal maupun global. Persoalan lingkungan pada tingkat lokal dari adanya peternakan adalah timbulnya pencemaran udara yang muncul dari kotoran ternak salah satunya kotoran sapi. Pengembangan biogas yang berbahan baku kotoran sapi merupakan salah satu alternatif penyediaan energi di tingkat lokal, namun memiliki kontribusi terhadap pengurangan persoalan lingkungan yang bersifat lokal maupun global. Pada tingkat lokal, pengembangan biogas dapat mengurangi terjadinya pencemaran udara dan pencemaran air sungai. Pada tingkat global, pengembangan biogas memberikan kontribusi dalam mengurangi efek rumah kaca. Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada usaha peternakan (Setyawan, 2013).

Tabel 2.2 Komposisi Biogas dari Bahan Baku Kotoran Sapi

Jenis Gas	Kotoran Sapi
Methana (CH_4)	65,7
Karbon dioksida (CO_2)	27,0
Nitrogen (N_2)	2,3
Karbon Monoksida (CO)	0
Oksigen (O_2)	0,1
Propena (C_3H_8)	0,7
Hydrogen Sulfida (H_2S)	-
Nilai kalori (kkal/m^2)	6531

Kotoran sapi mempunyai C/N ratio sebesar 16,6-25%. Produksi gas metan sangat tergantung oleh rasio C/N dari substrat.



Rentang rasio C/N antara 25-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh bakteri-bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya. Sebagai hasilnya produksi gas akan rendah. Di lain pihak, jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH (Ludfia, 2012).

Tabel 2.3 Kandungan Kotoran Sapi Kering

Komposisi Kotoran Sapi	Jumlah (%)
Hemisellulosa	18,6
Sellulosa	25,2
Lignin	20,2
Nitrogen	1,67
Fosfat	1,11
Kalium	0,56

Komposisi Kotoran Sapi Jumlah (%) Hemisellulosa 18,6 Sellulosa 25,2 Lignin 20,2 Nitrogen 1,67 Fosfat 1,11 Kalium 0,56 Secara umum bakteri yang terdapat di dalam kotoran sapi mempunyai sifat yang heterotrop, yaitu bakteri yang memerlukan sumber karbon dalam bentuk senyawa organik, hal ini diduga karena di dalam kotoran sapi perah terdapat bahan organik yang cukup besar. Identifikasi bakteri menurut Ellin Harlia dan Denny Suryanto tahun 2011, jumlah bakteri pada kotoran sapi secara kuantitatif berjumlah $2,54 \times 10^7$ sel cfu/g dengan rasio C/N kotoran sapi sebesar 35, sedangkan identifikasi secara kualitatif meliputi bakteri *Methanobacterium formicum*, *Methanobacterium mobilis*, *Methanobacterium propionicum*, *Methanobacterium ruminantium*, *Methanobacterium soehngennii*, *Methanobacterium suboxydans*, *Methanococcus mazei*, *Methanobacterium vannieli*, *Methanosarcina barkeri*, dan *Methanobacterium methanica* (Renzo, 1977).



Gambar 2.3 Kotoran Sapi

2.4 Biodigester

2.4.1 Pengertian Biodigester

Menurut Suyitno (2010) bahwa biodigester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Bio digester merupakan tempat di mana material organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH_4 dan CO_2 . Komponen pada biodigester sangat bervariasi, tergantung pada jenis biodigester yang digunakan. Pemilihan jenis digester disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan/dana. Dari segi aliran bahan baku untuk reaktor biogas (*biodigester*) dibedakan menjadi:

1. Bak (*batch*)

Pada biodigester jenis bak, bahan baku ditempatkan di dalam suatu wadah dari awal hingga selesainya proses digestion. Biodigester jenis ini umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik atau digunakan pada kapasitas biogas yang kecil.

2. Mengalir (*continuous*)

Untuk biodigester jenis mengalir, aliran bahan baku dimasukkan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (*retention time/RT*).

2.4.2 Komponen Digester

Menurut Suyitno (2010) bahwa komponen-komponen digester cukup banyak dan bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat digester tergantung dari jenis digester yang digunakan dan tujuan pembangunan digester.



Secara umum komponen digester terdiri dari empat komoponen utama sebagai berikut:

a. Saluran masuk *slurry* (bahan organik)

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran sampah organik dan air) ke dalam reaktor utama biogas. Tujuan pencamouran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengallirkan bahan baku dan menghiindari endapan pada saluran masuk.

b. Ruang *digestion* (ruang fermentasi)

Ruangan *digestion* berfungsi tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan dibuat kedap udara. Ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.

c. Saluran keluar residu (*Sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*Sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerobik oleh bakteri. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

d. Tangki penyimpan biogas

Tujuan dari tangki penyimpan biogas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik.

Pada sebuah digester perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas dalam jumlah banyak dan aman. Beberapa komponen pendukung adalah:

a. Katup Penaman Tekanan (control valve)

Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman digester dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan. Bila tekanan dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka biogas akan dibuang keluar. Selanjutnya tekanan dalam digester akan turun kembali. Katup pengaman tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinu, karena umumnya digester dibuat dari material yang tidak tahan tekanan yang tinggi



supaya biaya konstruksi digester tidak mahal. Selalu pertahankan tekanan diantara 1,15-1,2 atm di dalam digester.

b. Sistem Pengaduk

Pada digester yang besar sistem pengaduk menjadi sangat penting. Tujuan dari pengadukan adalah untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar digester. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester dan temperatur agar merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami prose fermentasi anaerob secara merata. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas. Pengadukan dapat dilakukan dengan pengadukan mekanis, yaitu dengan menggunakan poros yang di bawahnya terdapat semacam baling-baling dan digerakkan dengan motor listrik secara berkala. Dan dengan mensirkulasi bahan dalam digester dengan menggunakan pompa dan dialirkan kembali melalui bagian atas digester.

c. Saluran Biogas

Tujuan dari saluran biogas adalah untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan digester. Bahan untuk saluran gas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi. Untuk pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar, pada ujung saluran pipa dapat disambung dengan pipa yang terbuat dari logam supaya tahan terhadap temperatur pembakaran yang tinggi.

2.4.3 Macam-Macam Reaktor Biogas

Menurut Adelisa (2015), Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, jenis horizontal, jenis lubang tanah dan jenis *ferrocement*. Dari keenam jenis digester biogas yang sering digunakan adalah

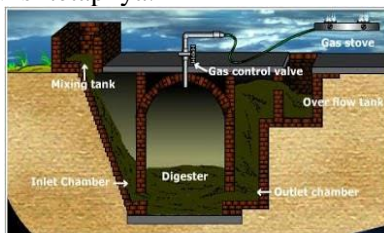


jenis kubah tetap (*Fixed-dome*) dan jenis Drum mengambang (*Floating drum*). Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan jenis reaktor balon yang banyak digunakan sebagai reaktor sedehana dalam skala kecil.

1. Reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor china. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di Cina sekitar tahun 1930 an. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.

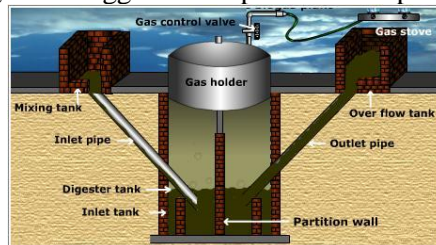


Gambar 2.4 Reaktor *Fixed Dome*



2. Reaktor *floating drum*

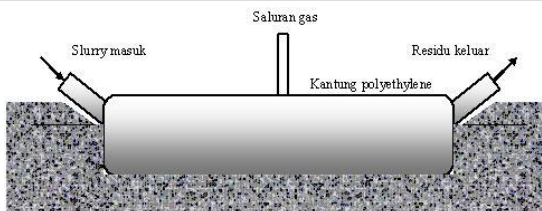
Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.



Gambar 2.5 Reaktor *Floating Drum*

3. Reaktor balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpan gas masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas.

**Gambar 2.6** Reaktor Balon

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Biogas

Menurut Tarigan (2009), Faktor-faktor yang harus diperhatikan untuk mendapatkan konsentrasi gas metana secara optimal diantaranya:

a. Bahan baku isian

Untuk pembentukan gas metan (CH_4) dibutuhkan unsur karbon (C). Unsur nitrogen diperlukan oleh bakteri anaerobik dalam pembentukan sel. Perbandingan (rasio) C/N yang paling baik untuk pembentukan gas bio adalah 30, agar proses pencernaan dapat menghasilkan gas bio yang diinginkan dan sekaligus mempertahankan keberlangsungan kehidupan bakteri anaerobik. John Pry memberikan harga perbandingan C/N untuk beberapa jenis kotoran hewan seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Perbandingan C/N Untuk Beberapa Jenis Kotoran Hewan Menurut Referensi

Jenis Kotoran	Perbandingan C/N
Kerbau	18
Kuda	25
Sapi	18
Ayam	15
Babi	25
Kambing/domba	30
Manusia	6-10

Pada penelitian yang telah dilakukan, bahan organik yang dipergunakan adalah kotoran sapi. Analisa kotoran sapi dan



keluaran pada pengujian referensi menunjukkan komposisi seperti diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Komposisi Kotoran Sapi dan Keluaran Menurut Referensi

Unsur	Kotoran sapi (%)	Keluaran (%)
Bahan kering (total solid, TS)	16,2	8,3
Volatile Solid, VS	11,98	6,09
Fixed Solid, FS	4,22	2,21
Nitrogen total, N	2,1	1,7
Karbon, C	41,0	40,7
Perbandingan C/N	19,5	23,9

b. Derajat keasaman

Pada awal pencernaan, pH bahan yang terisi dalam tangki pencerna dapat turun menjadi 6 atau lebih rendah. Ini merupakan akibat dari pencernaan bahan organik oleh bakteri aerobik. Sesudah 2 sampai 3 minggu, pH mulai naik disertai dengan perkembangbiakan bakteri pembentuk metan. Bakteri anaerobik bekerja paling giat pada keadaan pH antara 6-8 pada kisaran mana akan diberikan hasil pencernaan yang optimum.

c. Temperatur pencernaan

Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh temperatur. Pencernaan anaerobik dapat berlangsung pada kisaran 5°C-55°C. Temperatur kerja yang lebih tinggi akan memberikan gas-bio yang lebih banyak pula. Namun pada temperatur yang terlalu tinggi, bakteri-bakteri mudah mati oleh perubahan temperatur. Temperatur kerja yang optimum untuk penghasil gas-bio adalah 35°C. Pada pengerjaan penghasil gas-bio selalu harus dijaga agar temperatur bahan di dalam tangki-pencerna tetap berharga sekitar 35°C.

d. Pengenceran bahan baku isian

Isian yang paling baik untuk penghasil gas-bio mengandung 7-9% bahan kering. Pada keadaan ini proses pencernaan anaerobik berjalan paling baik. Untuk beberapa



jenis kotoran hewan, Peter John Meynell memberikan harga rata-rata bahan kering sebagai diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Harga Rata-Rata Bahan Kering Beberapa Kotoran Menurut Meynell

Jenis Kotoran	Bahan Kering (%)
Manusia	11
Sapi	18
Babi	11
Ayam/burung	25

Oleh sebab itu, untuk setiap jenis kotoran pengenceran isian dengan air dilakukan berbeda-beda pula, agar diperoleh isian dengan kandungan bahan kering yang optimum. Isian adalah campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1, perbandingan untuk kotoran babi adalah 1:2, sedangkan untuk kotoran ayam 1:2.

e. Pengadukan

Bahan baku yang sukar dicerna akan membentuk lapisan kerak pada permukaan cairan. Lapisan ini dapat dipecah dengan alat pengaduk. Dengan demikian hambatan terhadap laju gas-bio yang dihasilkan dapat dikurangi. Sewaktu memasang pengaduk harus diperhatikan agar tidak terjadi kebocoran pada tangki-pencerna.

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

3.1 Bahan yang Digunakan

1. Air PDAM
2. Kertas Saring
3. Kotoran Sapi
4. Kulit Pisang

3.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Beaker Glass*
2. Corong
3. Gelas Ukur
4. Kran
5. Pipa
6. *Plastic Bag*
7. Reaktor *Fixed Dome*
8. Skup
9. Timbangan

3.2.1 Variabel yang Dipilih

Dalam pembuatan biogas ditetapkan variabel tetap yaitu perbandingan bahan baku yang digunakan. Sedangkan untuk variabel berubah yaitu Hydraulic Retention Time (HRT) selama 84 hari dan 34 hari serta rasio kulit pisang dan air : 3:1, 4:1, 5:1

3.3 Prosedur Percobaan

3.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

3.3.1.1 Limbah Kotoran Sapi

1. Mengambil kotoran sapi yang masih segar dengan skup
2. Menimbang kotoran sapi yang masih segar dengan timbangan
3. Mencampur kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:2
4. Memasukkan campuran kotoran sapi ke dalam reaktor



fixed dome

5. Menginkubasi kotoran sapi selama 7 hari hingga terdapat biogas di dalam reaktor *fixed dome*

3.3.1.2 Limbah Kulit Pisang

1. Menyiapkan limbah kulit pisang
2. Menghaluskan limbah kulit pisang dan air dengan perbandingan 1:3
3. Memasukkan campuran kulit pisang ke dalam reaktor *fixed dome* setiap hari sebanyak 200 ml

3.3.2 Tahap Pembuatan Biogas

1. Menyiapkan reaktor *fixed dome*.
2. Memasukan limbah kulit pisang dengan cara semi *continue* ke dalam reaktor *fixed dome* yang sudah terisi kotoran sapi selama 7 hari.
3. Mengamati volume gas yang telah dihasilkan dalam rentang waktu 24 jam

3.3.3 Tahap Analisa

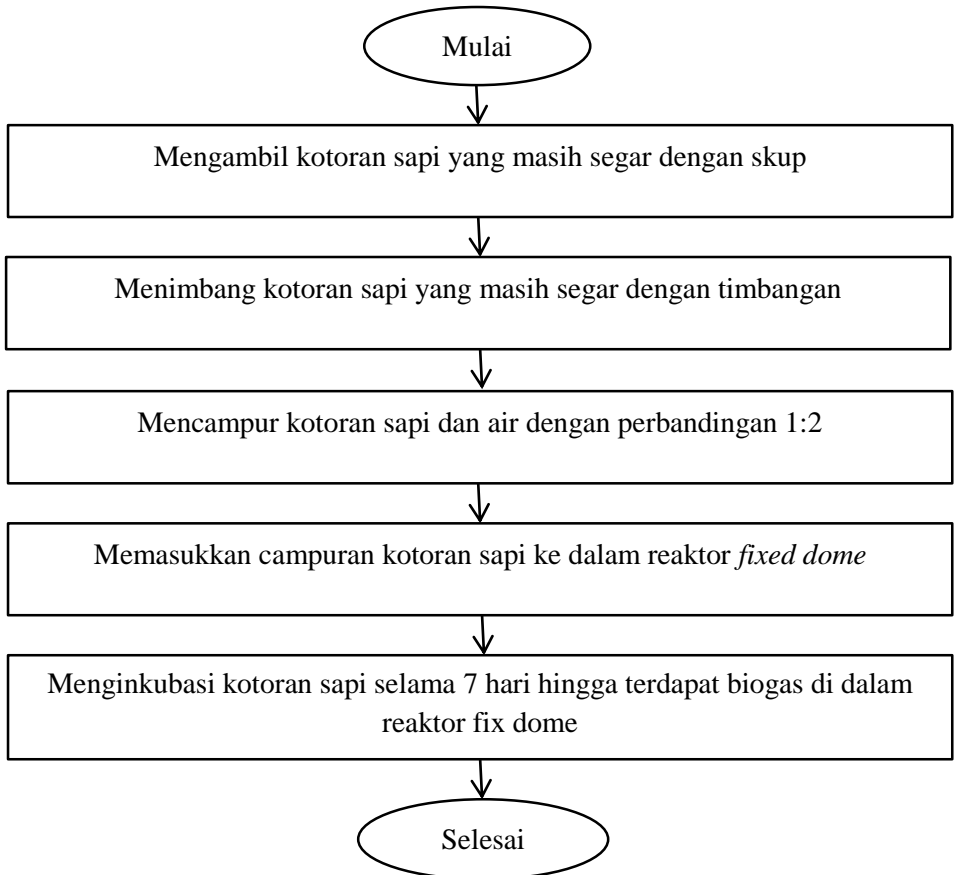
1. Menyiapkan air secukupnya dalam ember
2. Mencelupkan gelas ukur 1000 ml ke dalam air pada ember
3. Mengamati tinggi air dalam gelas ukur 1000 ml selama 1 hari
4. Mengulangi prosedur dari no 1-2 untuk biogas dengan variabel 1:2:3
5. Mengambil hasil produksi biogas yang paling baik dan melakukan analisa kandungan biogas secara kuantitatif menggunakan metode GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) yang dilakukan di Laboratorium Energi Robotika ITS.



3.4 Diagram Alir

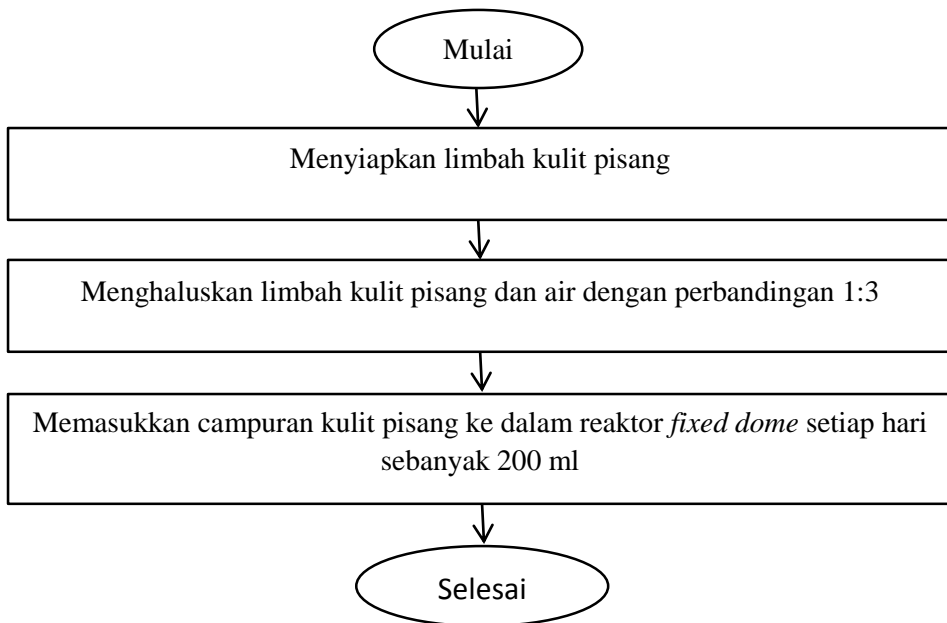
3.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

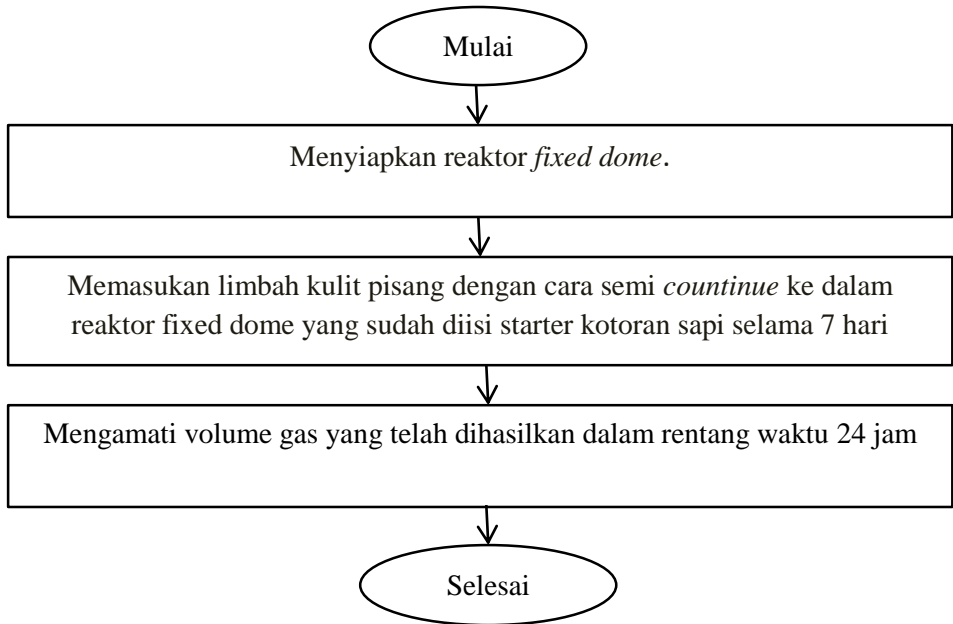
3.4.1.1 Limbah Kotoran Sapi





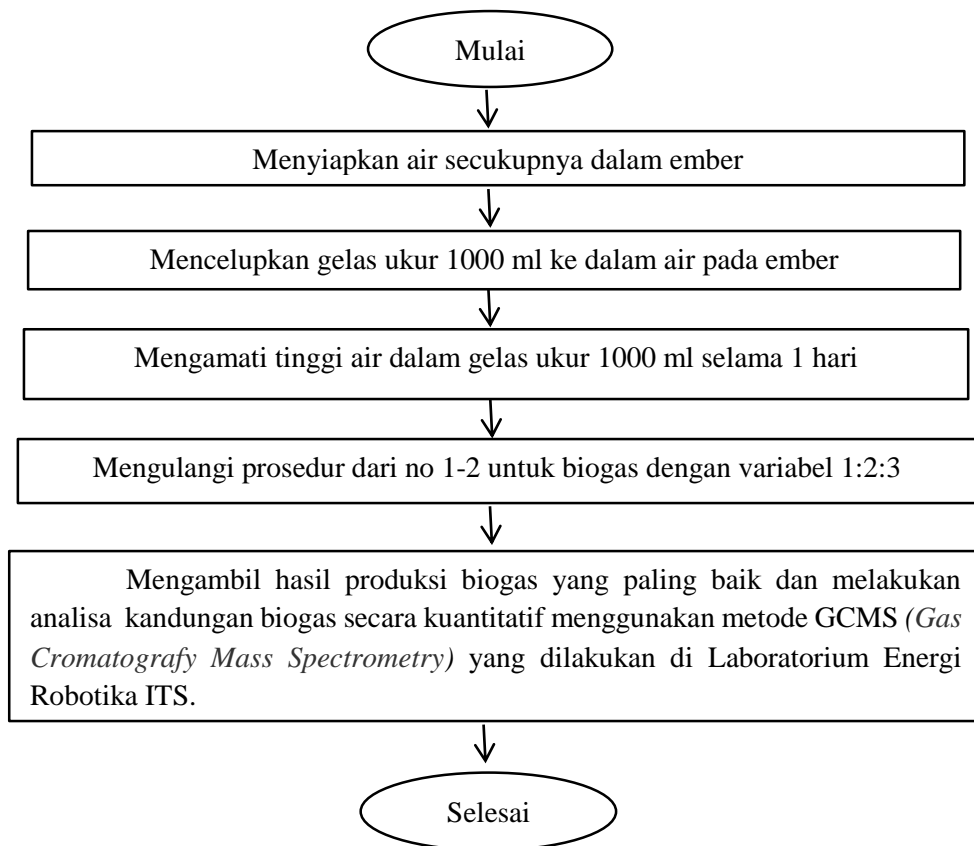
3.4.1.2 Limbah Kulit Pisang



**3.4.1.3 Tahap Pembuatan Biogas**



3.4.1.4 Tahap Analisa

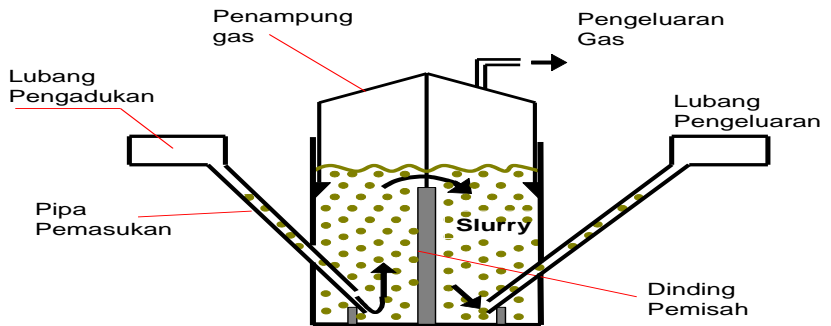


3.5 Tempat Pelaksanaan

Percobaan pengolahan limbah kulit pisang menjadi biogas menggunakan reaktor *fixed dome* dengan *starter* kotoran sapi dilaksanakan di Laboratorium Utilitas program studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS.



3.6 Sketsa Alat



BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Percobaan

Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat memanfaatkan limbah kulit pisang untuk dimanfaatkan dan diolah menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif terbarukan dan meningkatkan nilai ekonomi limbah kulit pisang serta mengurangi produksi limbah berlebih yang tidak bernilai dan merugikan.

Tabel 4.1 Volume Biogas Terhadap *Hydraulic Retention Time* (HRT) 34 dan 85 Hari dari Campuran Kotoran Sapi dan Kulit Pisang

HARI KE-	VOLUME GAS CAMPURAN PER HARI (ml)	
	HRT 30 HARI	HRT 85 HARI
1	6300	1320
2	6300	3310
3	5560	3000
4	4400	1782
5	3950	1187.5
6	991.5	1187.5
7	991.5	1187.5
8	991.5	1187.5
9	991.5	3900
10	-	3900



11	-	7800
12	-	8750
13	-	6300
14	-	6300
rata-rata	3386.2	6350.8

Variabel yang digunakan dalam percobaan ini adalah *Hydraulic Retention Time* (HRT) pada 30 dan 85 hari serta penambahan proses pemurnian dan tanpa proses pemurnian. Dari variabel tersebut diperoleh satu variabel yang optimum menghasilkan biogas. Hasil penelitian akan dibahas pada sub-bab pembahasan dan disajikan dalam bentuk grafik maupun tabel.

Tabel 4.2 Pengaruh *Hydraulic Retention Time* (HRT) 85 Hari terhadap Volume Biogas Dari Kotoran Sapi, Kulit Pisang, dan Campuran

HARI KE-	VOLUME GAS PER HARI HRT 85 HARI (ml)		
	KOTORAN SAPI	KULIT PISANG	CAMPURAN
1	1500	1700	1320
2	730	1500	3310
3	1700	1290	3000
4	1920	-	1782
5	3200	-	1187.5



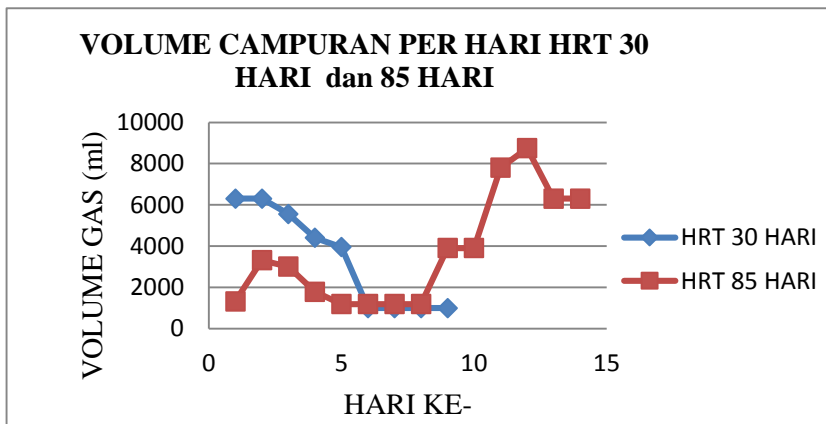
BAB IV Hasil Percobaan dan Pembahasan

6	840	-	1187.5
7	1480	-	1187.5
8	2250	-	1187.5
9	1500	-	3900
10	850	-	3900
11	3500	-	7800
rata-rata	1770	1496. 67	2705.64

Tabel 4.3 Pengaruh pH di dalam Digester

Masuk Digester	Dalam Digester	Keluar Digester
6	7	8

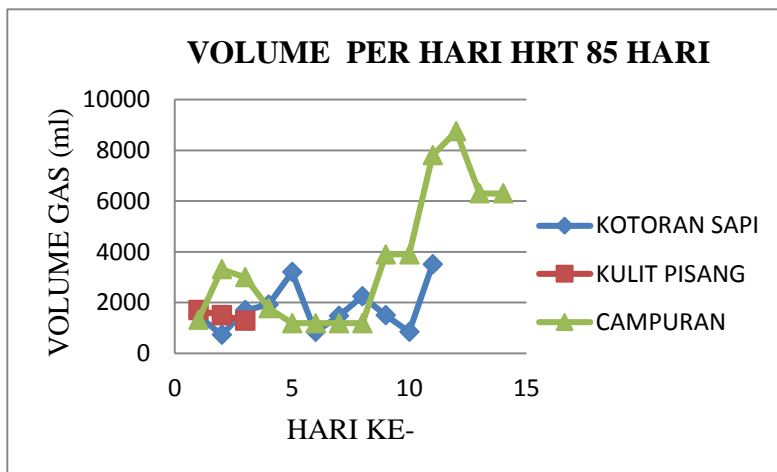
4.2 Pengaruh HRT Terhadap Volume Biogas



Grafik 4.1 Volume Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dan Kulit Pisang dengan HRT 34 Hari dan 85 Hari

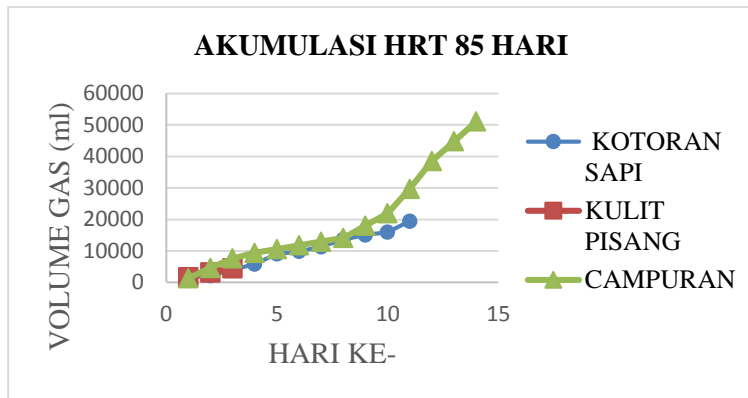


Pada **Grafik 4.1** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 30 selama 9 hari dan 85 hari selama 14. Volume biogas dengan HRT 30 hari pada hari ke-1 hingga ke-9 sebesar 6300; 6300; 5560; 4400; 3950; 9951,5; 9951,5; dan 9951,5. Sedangkan volume biogas dengan HRT 85 hari pada hari ke-1 hingga ke-14 sebesar 1320; 3310; 3000; 1782; 1187,5; 1187,5; 1187,5; 1187,5; 3900; 3900; 3900; 7800; 8750; 6300; 6300.



Grafik 4.2 Volume Biogas dengan HRT 85 Hari

Pada **Grafik 4.2** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 85 hari dari kotoran sapi, kulit pisang dan campuran kotoran sapi dan kulit pisang. Volume biogas dengan HRT 85 hari dari kotoran sapi sebesar 1500; 730; 1700; 1920; 3200; 840; 1480; 2250; 1500; 1500; 850; 3500. Sedangkan volume biogas dengan HRT 85 hari dari kulit pisang sebesar 1700; 1500; 1290. Dan untuk volume biogas dengan HRT 85 hari dari campuran kotoran sapi dan kulit pisang sebesar 1320; 3310; 3000; 1782; 1187,5; 1187,5; 1187,5; 1187,5; 3900; 3900; 3900; 7800; 8750; 6300; 6300.



Grafik 4.3 Volume Akumulasi Biogas dengan HRT 85 Hari

Pada **Grafik 4.3** dibuat berdasarkan akumulasi volume biogas dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 85 hari dari kotoran sapi, kulit pisang dan campuran kotoran sapi dan kulit pisang. Volume biogas dengan HRT 85 hari dari kotoran sapi sebesar 1500; 2230; 3930; 5850; 9050; 9890; 11370; 13620; 15120; 15970; 19470. Sedangkan volume biogas dengan HRT 85 hari dari kulit pisang sebesar 1700; 3200; 4490. Dan untuk volume biogas dengan HRT 85 hari dari campuran kotoran sapi dan kulit pisang sebesar 1320; 4630; 7630; 9412; 10599,5; 11787; 12974,5; 14162; 18062; 21962; 29762; 38512; 44812; 51112.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time* (HRT) Terhadap Volume Biogas

Waktu tinggal limbah sangat berpengaruh pada reaksi penguraian oleh bakteri, semakin lama waktu tinggal limbah semakin banyak partikel organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme dalam reaktor dan berpengaruh pada produksi biogas. Jadi semakin banyak partikel organik yang diuraikan akan menyebabkan produksi biogas semakin maksimal (*Masriani, 2014*)



Pada seluruh HRT, grafik mengalami kenaikan dan penurunan hal tersebut tidak sesuai dengan literatur hal ini dikarenakan proses anaerob sangat tergantung oleh aktivitas mikroorganisme yang sangat rentan terjadinya fluktuasi. Dan adanya kontaminasi udara menyebabkan bakteri penghasil biogas (bakteri metanogenesis) yang merupakan bakteri anaerob obligat akan mengalami hambatan pertumbuhan bahkan mati (*Deublein, 2008*).

4.3.2 Pengaruh HRT terhadap nilai pH

Pada awal reaksi fermentasi anaerobik, nilai pH akan menurun seiring dengan produksi VFA (*Volatile Fatty Acid*) atau asam lemak volatil. Penurunan pH menunjukkan terjadinya proses asidifikasi. Asidifikasi ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi asam karena terjadi proses perubahan produk hasil hidrolisis menjadi asam-asam lemak yang mudah menguap seperti asetat, propionat dan butirat. Pada tahap metanogenesis, bakteri pembentuk metan akan mengkonsumsi VFA sehingga alkalinitas meningkat yang berakibat pada kenaikan pH hingga tercapainya pH yang stabil (*Mujdalipah, 2014*)

4.3.3 Penggunaan NaOH dan FeCl₂ pada Proses Absorpsi

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida. Dari kandungan biogas di atas masih terdapat banyak zat pengotor (inhibitor) dalam biogas yang mempengaruhi kualitas dari biogas, salah satunya CO₂ (25-45%). Karbon dioksida merupakan molekul yang dapat menghambat dan menurunkan laju reaksi pembakaran, karena karbon dioksida akan mengganggu rantai reaksi kimia pembakaran, sehingga reaksi kimia pembakaran terhambat. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemurnian biogas yang bertujuan untuk mengurangi kandungan gas CO₂. Pemurnian tersebut dilakukan dengan cara menyerap CO₂ yang terdapat dalam biogas



BAB IV Hasil Percobaan dan Pembahasan

menggunakan NaOH serpihan yang telah dilarutkan dalam air. Kemudian larutan NaOH tersebut digunakan untuk mengikat CO₂ yang ada dalam biogas. Gas CO yang langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH₄ tidak. Dengan berkurangnya konsentrasi CO sebagai akibat reaksi dengan NaOH, maka perbandingan konsentrasi CH₄ dengan CO menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH₄

BAB V NERACA MASSA DAN PANAS

5.1 Neraca Massa

5.1.1 Neraca Massa Proses *Mixing*



Fungsi : untuk mencampurkan dan menghomogenkan bahan baku
(Kotoran sapi+kulit pisang + air)

Tabel 5.1 Komposisi Aliran 1 (Kotoran Sapi)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Selulosa	55,5	555
Lignin	12,2	122
Protein	12,5	125
Amonia	1,8	18
H ₂ S	1,4	14
Air	16,6	166
Total	100	1000

Massa Kotoran Sapi = 1000

Selulosa = 55,5 % x 1000 gram = 555

Lignin = 12,2 % x 1000 gram = 122

Protein = 12,5 % x 1000 gram = 125

Amonia = 1,8 % x 1000 gram = 18

H₂S = 1,4 % x 1000 gram = 14

Air = 16,6 % x 1000 gram = 166

Tabel 5.2 Komposisi Aliran 2 (Kulit Pisang)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Pati	19,1	191
Protein	2,15	21,5
Lemak	1,34	13,4



Lignin	3,81	38,1
Air	73,6	736
Total	100	1000

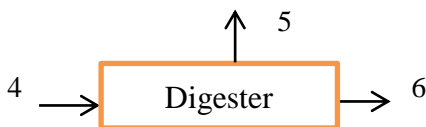
Tabel 5.3 Komposisi Aliran 3 (Air)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Air yang Ditambahkan pada Kotoran Sapi	100	2000
Air yang Ditambahkan pada Kulit Pisang	100	3000
Total	200	5000

Tabel 5.4 Neraca Massa Proses *Mixing*

Masuk		Keluar	
Aliran <1> + <2> + <3>		Aliran <4>	
Komponen	Massa (gram)	Komponen	Massa (gram)
Selulosa	555	Selulosa	555
Pati	191	Pati	191
Protein	146,5	Protein	146,5
Lemak	13,4	Lemak	13,4
Lignin	160,1	Lignin	160,1
Amonia	18	Amonia	18
H ₂ S	14	H ₂ S	14
Air	5902	Air	5902
Total	7000	Total	7000

5.1.2 Neraca Massa Proses Fermentasi





- Reaksi Hidrolisis (Faktor Konversi 0,1266)
Selulosa



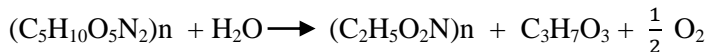
Mol			
Mula :	3,425925926	327,8888889	-
Reaksi :	0,433796325	0,433796325	0,433796325
Sisa :	2,992129601	327,4550926	0,433796325

Pati



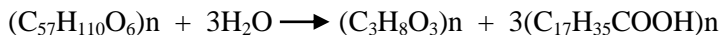
Mol			
Mula :	1,179012346	327,455093	-
Reaksi :	0,149288465	0,149288465	0,149288465
Sisa :	1,029723881	327,305804	0,149288465

Protein



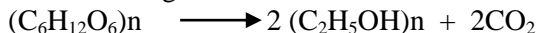
Mol					
Mula :	0,823033708	327,30	-	-	-
Reaksi :	0,10421387	0,1042	0,1042	0,1042	0,052
Sisa :	0,718819838	327,20	0,1042	0,1042	0,052

Lemak



Mol				
Mula :	0,01505618	327,2	-	-
Reaksi :	0,01505618	0,045	0,015	0,045
Sisa :	0	327,15	0,015	0,045

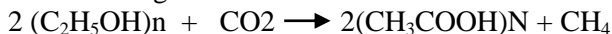
- Proses Asidogenesis



Mol			
Mula :	0,58308479	-	-
Reaksi :	0,58308479	1,16616958	1,16616958
Sisa :	0	1,16616958	1,16616958



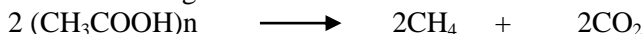
- Proses Asetogenesis



Mol

Mula	: 1,16616958	1,1661	-	-
Reaksi	: 1,16616958	0,583	1,1661	0,583
Sisa	: 0	0,583	1,1661	0,583

- Proses Metanogenesis



Mol

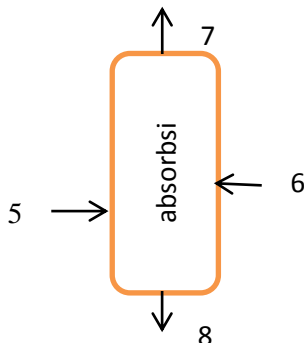
Mula	: 1,16616958	-	-
Reaksi	: 1,16616958	1,16616958	1,16616958
Sisa	: 0	1,16616958	1,16616958

Tabel 5.5 Neraca Massa Proses Fermentasi

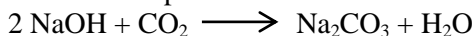
Masuk		Keluar	
Aliran <4>		Aliran Biogas <5>	
Komponen	Massa(gram)	Komponen	Massa (gram)
Selulosa	555	CH ₄	27,98806992
Pati	191	CO ₂	51,31146152
Protein	146,5	Aliran Sludge <6>	
Lemak	13,4	Selulosa	484,7249954
Lignin	160,1	Pati	166,8152687
Amonia	18	Protein	127,9499312
H ₂ S	14	lignin	160,1
Air	5902	amonia	18
		H ₂ S	14
		H ₂ O	5888,81559
		GLISIN	7,816040223
		SERIN	10,94245631
		O ₂	1,667421914
		GLISEROL	1,385168539
		A.STEARAT	38,48359551
Total	7000	Total	7000



5.1.3 Neraca Massa Proses Absorpsi

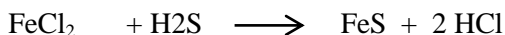


- Proses Absorpsi



Mol

Mula	: 0,75	1,16617	-	-
Reaksi	: 0,75	0,375	0,375	0,375
Sisa	: 0	0,7912	0,375	0,375



Mol

Mula	: 0,374803	0,4118	-	-
Reaksi	: 0,374803	0,3748	0,375	0,375
Sisa	: 0	0,037	0,375	0,375

Tabel 5.6 Neraca Massa Proses Absorpsi

Masuk		Keluar	
Aliran <5+6>		Aliran Biogas <7+8>	
Komponen	Massa (gram)	Komponen	Massa (gram)
selulosa	555	selulosa	484,7249954
pati	191	pati	166,8152687
protein	146,5	protein	127,9499312
lemak	13,4	lignin	160,1
lignin	160,1	amonia	18



amonia	18	H ₂ S	1,256692913
H ₂ S	14	air	5895,56559
Air	5902	GLISIN	7,816040223
GLISIN		SERIN	10,94245631
SERIN		O ₂	1,667421914
O ₂		GLISEROL	1,385168539
GLISEROL		A.STEARAT	38,48359551
A.STEARAT		CH ₄	27,98806992
CH ₄		CO ₂	34,81146152
CO ₂		Na ₂ CO ₃	39,75
NaOH		FeS	32,98267717
FeCl ₂		HCl	27,36062992
Total	7077,6	Total	7077,6

5.2 Neraca Panas

5.2.1 Perhitungan Cp Senyawa

Perhitungan Perhitungan Cp (Kapasitas Panas)
menggunakan metode Kopp's

$$\frac{C_p}{J/(mol.K)} = \sum_{E=1}^N n_E \times \Delta E$$

Diketahui :

n_E : banyaknya unsur dalam senyawa tersebut

ΔE : kontribusi elemen

Berikut ini adalah data Cp menggunakan metode modifikasi
Hukum Kopp's (Perry, ed.8)

Tabel 5.7 Heat Capacity of The Element (J/mol°C)

Elemen	ΔE (J/mol°C)
C	10,890
H	7,560
O	13,420



Menghitung *Heat Capacity*

Tabel 5.8 Menghitung *Heat Capacity*

Elemen	Jumlah Atom C	Jumlah Atom H	Jumlah Atom O	Cp (cal/g°C)
C ₆ H ₁₂ O ₆	6	12	6	0,314
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	12	22	11	0,311

Perhitungan C₆H₁₂O₆

$$C_p = 6. \Delta E_C + 12. \Delta E_H + 6. \Delta E_O$$

$$C_p = 6. (10,890) + 12. (7,560) + 6. (13,420)$$

$$C_p = 236,580 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 56,543 \text{ cal/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,314 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

Tabel 5.9 Data Kapasitas Panas (Cp) Komponen

Komponen	Cp (cal/g°C)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,314	Metode Kopp's
C ₂ H ₅ OH	0,580	Hougen
CO ₂	0,202	Hougen
CH ₃ COOH	0,491	Hougen
CH ₄	0,534	Hougen

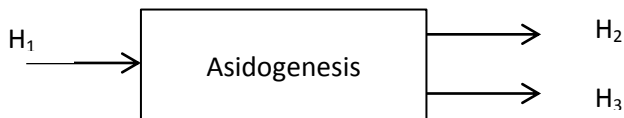
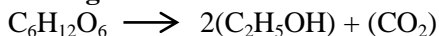
Tabel 5.10 Data *Heat Of Formation* (ΔH_f) Senyawa

Komponen	ΔH_f (cal/mol)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	-7504,54132	<i>Thermodynamic Property</i>
C ₂ H ₅ OH	-66326,482	<i>Thermodynamic Property</i>
CO ₂	-93990677,9	<i>Thermodynamic Property</i>
CH ₃ COOH	-116126,925	<i>Thermodynamic Property</i>
CH ₄	-17829,8279	<i>Thermodynamic Property</i>



5.2.2 Neraca Panas pada Digester

5.2.2.1 Reaksi Asidogenesis



Tabel 5.11 Perhitungan H reaksi asidogenesis glukosa menjadi etanol dan CO_2

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	104,95474	0,314	5	164,7
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	53,64353378	0,580	5	155,6
CO_2	51,31120622	0,202	5	51,8
T _{ref} = 25°C			ΔH	42,633

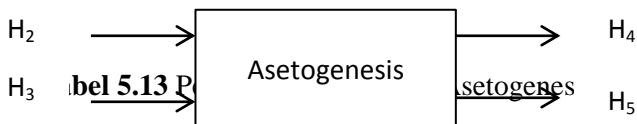
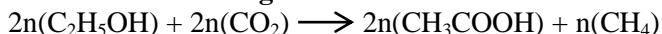
Tabel 5.12 Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔHf (cal/mol)	ΔH (cal)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,583	1	-7504,54132	-4375,762128
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	1,166	2	-66326,482	-154695,0812
CO_2	1,166	1	-93990,677,9	-109608524
$\Delta\text{H}_{25} = \Delta\text{H}_{\text{produk}} - \Delta\text{H}_{\text{reaktan}}$				-109758843,4

$$\Delta\text{H}_{\text{reaksi}} = \Delta\text{H}_{25} + \Delta\text{H}_{\text{produk}} - \Delta\text{H}_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta\text{H}_{\text{reaksi}} = -109758801 \text{ cal}$$

5.2.2.2 Reaksi Asetogenesis





Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	53,643534	0,580	5	155,6
CO ₂	51,311206	0,202	5	51,8
CH ₃ COOH	69,969827	0,491	5	171,8
CH ₄	9,3293102	0,534	5	24,93
T _{ref} = 25°C			ΔH	-10,6

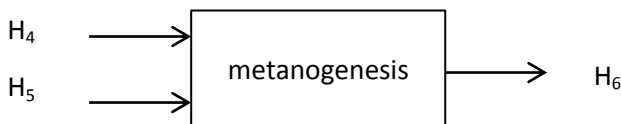
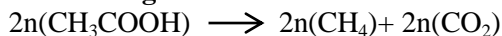
Tabel 5.14 Perhitungan ΔH₂₅ Asetogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔHf (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	1,166	2	-66326,482	-154695,0812
CO ₂	1,166	1	-93990677,9	-109608524
CH ₃ COOH	1,166	2	-116126,925	-270846,0276
CH ₄	1,166	1	-17829,8279	-10396,24974
ΔH ₂₅				-109481976,8

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = -109481966 \text{ cal}$$

5.2.2.3 Reaksi Metanogenesis



Tabel 5.15 Perhitungan H Reaksi Metanogenesis

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
CH ₃ COOH	69,969827	0,491	5	171,8
CH ₄	18,65862	0,534	5	49,85



CO ₂	51,311206	0,202	5	51,8
				-70,2

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$$

Tabel 5.16 Perhitungan ΔH_{25} Metanogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	1,166	2	- 116126,925	-270846,0276
CH ₄	1,166	2	- 17829,8279	-41584,99895
CO ₂	1,166	2	- 93990677,9	-219217048,1
ΔH_{25}				-218987787

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = -218987857 \text{ cal}$$

5.3 Neraca Panas Total

Tabel 5.17 Neraca Panas Total

Masuk		Keluar	
asidogenesis		asidogenesis	
C ₆ H ₁₂ O ₆	164,734532	C ₂ H ₅ OH	155,566248
ΔH	42,6326876	CO ₂	51,80097169
asetogenesis		asetogenesis	
C ₂ H ₅ OH	155,566248	CH ₃ COOH	171,8458943
CO ₂	51,80097169	CH ₄	24,9267507
ΔH	-10,5945746		
metanogenesis		metanogenesis	
CH ₃ COOH	171,845894		
ΔH	-70,1914211		
			51,8009716
TOTAL	505,794337	TOTAL	505,794337

BAB VI ANALISIS KEUANGAN

6.1 Anggaran Biaya Pembuatan Produk

Estimasi keuangan total “Pembuatan Biogas dari Campuran Kulit Pisang dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor Anaerobik” pada skala industri kecil.

Kapasitas Produksi : 30 kg/bulan

Waktu Operasi : 30 hari

Bahan Limbah Cair : 20 m³

Tabel 6.1 Investasi Peralatan Proses Produksi (*Fixed Cost*)

No	Keterangan	Spesifikasi	Kuantitas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
1	Konstruksi Digester	Volume 20 m ³	1 buah	15.000.000	15.000.000
2	Tangki Penampung Gas	Volume 1 m ³ (Plastik)	1 buah	216.000	216.000
3	Perpipaan	Panjang 4 M	1 buah	354.000	254.000
4	Bak inlet outlet	12 Lbs	4 buah	520.000	520.000
5	Manometer	0-315 kg/cm ²	1 buah	100.000	100.000
Sub-Total					16.900.000

Tabel 6.2 Investasi Bahan Habis Pakai Perbulan
(*Variable Cost*)

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Sewa truk Tangki	5 Truk	1.000.000	3.000.000



	Kapasitas 8000 L			
2	Listrik	350 kwh	120.000	36.000
Sub-Total				3.036.000

Tabel 6.3 Pendukung Utilitas

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Maintenance Peralatan	5 Truk	500.000	500.000
Sub-Total				500.000

a. Biaya tetap (FC)

Biaya tetap adalah tota biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak berproduksi.

Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, utilitas, gaji karyawan, dan maintenance peralatan.

- | | |
|--------------------------|--------------|
| 1. Investasi Peralatan | = 16.900.000 |
| 2. Maintenance Peralatan | = 500.000 |
| Total | = 17.400.000 |

b. Biaya Variabel (VC)

Biaya variabel adalah total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan berubah volume penjualan/produksi. Biaya variabel akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variabel meliputi kebutuhan bahan baku.

Biaya variabel per produksi = 3036.000 dalam 1 bulan

= 101.200 per hari

Biaya Variabel per m3 = $\frac{\text{Biaya Variabel per Produksi}}{\text{Jumlah Produksi}}$
= 101.200/10 = Rp.10.120



b. Biaya Produksi Total (TC)

Biaya produksi total merupakan biaya yang dibutuhkan untuk $30 \times VC$)

$$= \text{Rp. } 17.900.000 + (30 \times 10.120) = \text{Rp. } 18.203.600$$

6.2 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang akan dijual atau harga perolehan dari barang yang akan dijual.

➤ Jumlah gas yang akan dihasilkan dalam 1 kali produksi = 10 m^3

➤ Jumlah gas yang dihasilkan dalam 1 bulan = 300 m^3

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \frac{\text{Biaya Variabel per Produksi}}{\text{Jumlah Produksi per Bulan}} \\ &= \frac{18.203.600}{300} \\ &= \text{Rp. } 60.679/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Laba} &= 50 \% \times \text{HPP} \\ &= 50 \% \times \text{Rp. } 60.679 \\ &= \text{Rp. } 30.339 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Harga Jual} &= \text{HPP} + \text{Laba} \\ &= \text{Rp. } 91.018/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Hasil Penjualan perbulan} &= \text{Rp. } 91.018 \times 300 \\ &= \text{Rp. } 27.305.400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Laba per bulan} &= \text{Rp. } 27.305.400 - \text{Rp. } 18.203.600 \\ &= \text{Rp. } 9.101.800 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Laba Per tahun} &= \text{Rp. } 9.101.800 \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp. } 109.221.600 \end{aligned}$$

6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) ialah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak



terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. *Break Even Point* ini digunakan untuk menganalisis proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa uang yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

- BEP rupiah : titik pulan pokok (BEP) yang dinyatakan dalam jumlah penjualan atau harga penjualan tertentu.

Kontribusi margin per kg

$$= \text{harga jual per m}^3 - \text{biaya variabel per m}^3$$

$$= 91.018 - 10.120$$

$$= \text{Rp. } 80.898$$

BEP Rupiah

$$= \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Kontribusi Margin per Kg : Biaya variabel per kg}}$$

$$= \frac{18.203.600}{\text{Rp. } 80.898 : \text{Rp. } 10.120}$$

$$= \text{Rp. } 257.2$$

Artinya perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan biogas senilai Rp. 257.2 agar terjadi BEP, maka perusahaan tersebut akan memperoleh keuntungan jika mendapat omset sebesar

- BEP : titik pulang pokok (BEP) yang dinyatakan dalam jangka waktu tertentu

Biaya pengeluaran per tahun

$$= \text{Biaya investasi peralatan} + \text{Biaya kebutuhan bahan baku} + \text{biaya pendukung utilitas} + \text{biaya lainnya}$$

$$= 16.900.000 + (303.600 \times 12) + (500.000 \times 12)$$

$$= \text{Rp. } 26.543.200$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Pengeluaran per Tahun}}{\text{Hasil Penjualan per Bulan} \times 12}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 29.543.200}{\text{Rp. } 27.305.400 \times 12}$$

$$= 0,081 \text{ tahun}$$

$$= 28 \text{ hari}$$

BAB VII

KESIMPULAN

1. Produksi akumulasi biogas paling maksimum pada campuran kotoran sapi dan kulit pisang.
2. Produksi akumulasi biogas yang baik terdapat pada variasi HRT 85 hari dari kotoran sapi 1,7 L, kulit pisang dan campuran kotoran sapi 1,5 L dan kulit pisang 2,7 L.
3. Produksi rata-rata biogas campuran kotoran sapi dengan kulit pisang pada variasi HRT 85 adalah 3,3 L dan HRT 34 hari adalah 3,6 L. Sehingga biogas paling maksimum dihasilkan pada HRT 85 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelisa, M. (2015). *Teknologi biogas*. Banda Aceh: academia edu.
- Fitria, V. (2013). *Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi dari Limbah Kulit Pisang Kepok*. Jakarta: FKIK.
- Haryati, T. (2006). Biogas: Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *WARTAZOA Vol. 16 No . 3 Th. 2006*, 160-170.
- Herawati, D. A. (2010). Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch. *Rekayasa Proses*, 2.
- Nurhasanah, A. (2005). Perkembangan Digester Biogas di Indonesia. *Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian*, 1.
- Rizqi, M. (2015). *Implementasi sistem biogas dari kotoran hewan ternak untuk menanggulangi kelangkaan LPG dan meningkatkan perekonomian kelompok tani sumber urip di wonogiri*. Surakarta: Perpustakaan universitas sebelas maret.
- Rostika, A. (2016). Produksi biogas dari fraksi organik sampah pasar kelompok sayur mudah busuk. *09/284537/TK/35364*, 6.
- Sutrisno, N. H. (2007). Uji Pembuatan Biogas Dari Kotoran Gajah Dengan Variasi Penambahan Urine Gajah Dan Air. *Jurnal PRESIPITASI Vol. 3 No.2 September 2007, ISSN 1907-187X*, 73-78.
- Yonthan, A. (2013). Produksi Biogas dari Eceng Gondok Kajian Konstistensi dan pH terhadap Biogas Dihasilkan. *Teknologi Kimia dan Industri vol 2 no 2*, 2.
- Zalizar, L. (2014). Potensi produksi dan ekonomi biogas serta implikasinya pada kesehatan manusia, ternak dan lingkungan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 33-34.

APPENDIKS NERACA MASSA

A.1 Neraca Massa

A.1.1 Neraca Massa Proses *Mixing*



Fungsi : untuk mencampurkan dan menghomogenkan bahan baku
(Kotoran sapi+kulit pisang + air)

Tabel A.1 Komposisi Aliran 1 (Kotoran Sapi)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Selulosa	55,5	555
Lignin	12,2	122
Protein	12,5	125
Amonia	1,8	18
H ₂ S	1,4	14
Air	16,6	166
Total	100	1000

Massa Kotoran Sapi = 1000

Selulosa = 55,5 % x 1000 gram = 555

Lignin = 12,2 % x 1000 gram = 122

Protein = 12,5 % x 1000 gram = 125

Amonia = 1,8 % x 1000 gram = 18

H₂S = 1,4 % x 1000 gram = 14

Air = 16,6 % x 1000 gram = 166

Tabel A.2 Komposisi Aliran 2 (Kulit Pisang)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Pati	19,1	191
Protein	2,15	21,5
Lemak	1,34	13,4

Lignin	3,81	38,1
Air	73,6	736
Total	100	1000

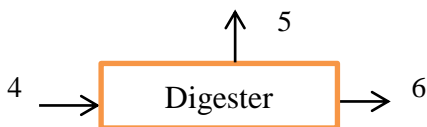
Tabel A.3 Komposisi Aliran 3 (Air)

Komposisi	Persentase (%)	Massa (gram)
Air yang Ditambahkan pada Kotoran Sapi	100	2000
Air yang Ditambahkan pada Kulit Pisang	100	3000
Total	200	5000

Tabel A.4 Neraca Massa Proses *Mixing*

Masuk		Keluar	
Aliran <1> + <2> + <3>		Aliran <4>	
Komponen	Massa (gram)	Komponen	Massa (gram)
Selulosa	555	Selulosa	555
Pati	191	Pati	191
Protein	146,5	Protein	146,5
Lemak	13,4	Lemak	13,4
Lignin	160,1	Lignin	160,1
Amonia	18	Amonia	18
H ₂ S	14	H ₂ S	14
Air	5902	Air	5902
Total	7000	Total	7000

A.1.2 Neraca Massa Proses Fermentasi



- Reaksi Hidrolisis (Faktor Konversi 0,1266)
Selulosa



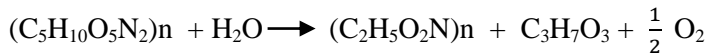
Mol			
Mula :	3,425925926	327,8888889	-
Reaksi :	0,433796325	0,433796325	0,433796325
Sisa :	2,992129601	327,4550926	0,433796325

Pati



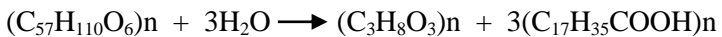
Mol			
Mula :	1,179012346	327,455093	-
Reaksi :	0,149288465	0,149288465	0,149288465
Sisa :	1,029723881	327,305804	0,149288465

Protein



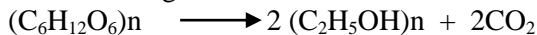
Mol					
Mula :	0,823033708	327,30	-	-	-
Reaksi :	0,10421387	0,1042	0,1042	0,1042	0,052
Sisa :	0,718819838	327,20	0,1042	0,1042	0,052

Lemak



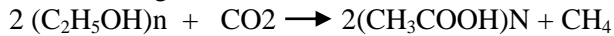
Mol				
Mula :	0,01505618	327,2	-	-
Reaksi :	0,01505618	0,045	0,015	0,045
Sisa :	0	327,15	0,015	0,045

- Proses Asidogenesis



Mol			
Mula :	0,58308479	-	-
Reaksi :	0,58308479	1,16616958	1,16616958
Sisa :	0	1,16616958	1,16616958

- Proses Asetogenesis



Mol

Mula	: 1,16616958	1,1661	-	-
Reaksi	: 1,16616958	0,583	1,1661	0,583
Sisa	: 0	0,583	1,1661	0,583

- Proses Metanogenesis



Mol

Mula	: 1,16616958	-	-
Reaksi	: 1,16616958	1,16616958	1,16616958
Sisa	: 0	1,16616958	1,16616958

Tabel A.5 Neraca Massa Proses Fermentasi

Masuk		Keluar	
Aliran <4>		Aliran Biogas <5>	
Komponen	Massa(gram)	Komponen	Massa (gram)
Selulosa	555	CH ₄	27,98806992
Pati	191	CO ₂	51,31146152
Protein	146,5	Aliran Sludge <6>	
Lemak	13,4	Selulosa	484,7249954
Lignin	160,1	Pati	166,8152687
Amonia	18	Protein	127,9499312
H ₂ S	14	lignin	160,1
Air	5902	amonia	18
		H ₂ S	14
		H ₂ O	5888,81559
		GLISIN	7,816040223
		SERIN	10,94245631
		O ₂	1,667421914
		GLISEROL	1,385168539
		A.STEARAT	38,48359551
Total	7000	Total	7000

APPENDIKS NERACA PANAS

B. Neraca Panas

B.1 Perhitungan Cp Senyawa

Perhitungan Perhitungan Cp (Kapasitas Panas) menggunakan metode Kopp's

$$\frac{C_p}{J/(mol.K)} = \sum_{E=1}^N n_E \times \Delta E$$

Diketahui :

n_E : banyaknya unsur dalam senyawa tersebut

ΔE : kontribusi elemen

Berikut ini adalah data Cp menggunakan metode modifikasi Hukum Kopp's (Perry, ed.8)

Tabel B.1 *Heat Capacity of The Element* (J/mol°C)

Elemen	ΔE (J/mol°C)
C	10,890
H	7,560
O	13,420

Menghitung *Heat Capacity*

Tabel B.2 Menghitung *Heat Capacity*

Elemen	Jumlah Atom C	Jumlah Atom H	Jumlah Atom O	Cp (cal/g°C)
C ₆ H ₁₂ O ₆	6	12	6	0,314
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	12	22	11	0,311

Perhitungan C₆H₁₂O₆

$$C_p = 6. \Delta E_C + 12. \Delta E_H + 6. \Delta E_O$$

$$C_p = 6. (10,890) + 12. (7,560) + 6. (13,420)$$

$$C_p = 236,580 \text{ J/mol°C}$$

$$C_p = 56,543 \quad \text{cal/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,314 \quad \text{cal/g}^\circ\text{C}$$

Tabel B.3 Data Kapasitas Panas (C_p) Komponen

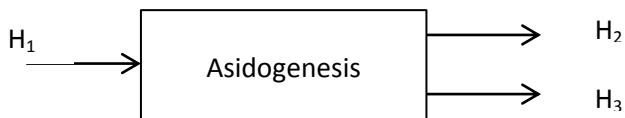
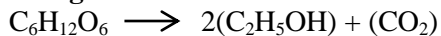
Komponen	C_p (cal/g $^\circ$ C)	Referensi
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,314	Metode Kopp's
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,580	Hougen
CO_2	0,202	Hougen
CH_3COOH	0,491	Hougen
CH_4	0,534	Hougen

Tabel B.4 Data *Heat Of Formation* (ΔH_f) Senyawa

Komponen	ΔH_f (cal/mol)	Referensi
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-7504,54132	<i>Thermodynamic Property</i>
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-66326,482	<i>Thermodynamic Property</i>
CO_2	-93990677,9	<i>Thermodynamic Property</i>
CH_3COOH	-116126,925	<i>Thermodynamic Property</i>
CH_4	-17829,8279	<i>Thermodynamic Property</i>

B.2 Neraca Panas pada Digister

B.2.1 Reaksi Asidogenesis



Tabel B.5 Perhitungan H reaksi aisdogenesis

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	104,95474	0,314	5	164,7
C ₂ H ₅ OH	53,64353378	0,580	5	155,6
CO ₂	51,31120622	0,202	5	51,8
T _{ref} = 25°C			ΔH	42,633

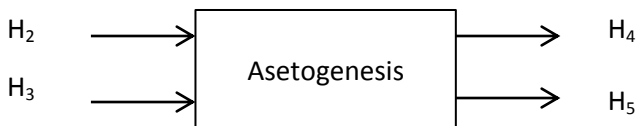
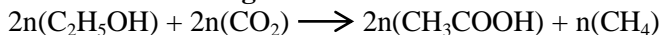
Tabel B.6 Perhitungan ΔH₂₅ Asidogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔHf (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,583	1	- 7504,54132	-4375,762128
C ₂ H ₅ OH	1,166	2	-66326,482	-154695,0812
CO ₂	1,166	1	- 93990677,9	-109608524
ΔH ₂₅ = ΔHproduk-ΔHreaktan				-109758843,4

$$\Delta H_{reaksi} = \Delta H_{25} + \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan}$$

$$\Delta H_{reaksi} = -109758801 \text{ cal}$$

B.2.2 Reaksi Asetogenesis



Tabel B.7 Perhitungan H Reaksi Asetogenesis

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	53,643534	0,580	5	155,6
CO ₂	51,311206	0,202	5	51,8
CH ₃ COOH	69,969827	0,491	5	171,8

CH ₄	9,3293102	0,534	5	24,93
T _{ref} = 25°C			ΔH	-10,6

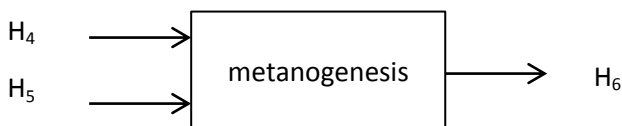
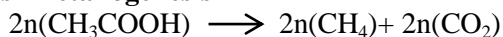
Tabel B.8 Perhitungan ΔH₂₅ Asetogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔHf (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	1,166	2	-66326,482	-154695,0812
CO ₂	1,166	1	- 93990677,9	-109608524
CH ₃ COOH	1,166	2	- 116126,925	-270846,0276
CH ₄	1,166	1	- 17829,8279	-10396,24974
ΔH ₂₅				-109481976,8

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = -109481966 \text{ cal}$$

B.2.3 Reaksi Metanogenesis



Tabel B.9 Perhitungan H Reaksi Metanogenesis

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/g°C)	T- T _{ref}	H (cal)
CH ₃ COOH	69,969827	0,491	5	171,8
CH ₄	18,65862	0,534	5	49,85
CO ₂	51,311206	0,202	5	51,8
T _{ref} = 25°C			ΔH	-70,2

Tabel B.10 Perhitungan ΔH_{25} Metanogenesis

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	1,166	2	- 116126,925	- 270846,0276
CH ₄	1,166	2	- 17829,8279	- 41584,99895
CO ₂	1,166	2	- 93990677,9	- 219217048,1
ΔH_{25}				-218987787

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = -218987857 \text{ cal}$$

B.3 Neraca Panas Total

Tabel B.11 Neraca Panas Total

Masuk		Keluar	
asidogenesis		asidogenesis	
C ₆ H ₁₂ O ₆	164,734532	C ₂ H ₅ OH	155,566248
ΔH	42,6326876	CO ₂	51,80097169
asetogenesis			
C ₂ H ₅ OH	155,566248	asetogenesis	
CO ₂	51,80097169	CH ₃ COOH	171,8458943
ΔH	-10,5945746	CH ₄	24,9267507
metanogenesis			
CH ₃ COOH	171,845894	metanogenesis	
ΔH	-70,1914211	CH ₄	49,8535015
			51,8009716
TOTAL	505,794337	TOTAL	505,794337

BIODATA PENULIS



Catur Wulandari, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 28 Agustus 1996. Dengan alamat rumah Jalan Kedinding Lor gang Arbei nomer 18 Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya yaitu SDN Simokerto III/136 Surabaya, SMP Al-Irsyad Surabaya, SMAN 19 Surabaya, Diploma III Teknik Kimia Industri FV-ITS Surabaya terdaftar dengan nomor 2314030034.

Selama kuliah penulis aktif mengikuti pelatihan-pelatihan dan seminar yang diselenggarakan baik oleh jurusan, fakultas, maupun institute dan aktif sebagai pengurus di Jama'ah Masjid Manarul Ilmi pada departemen Badan Pelaksana Mentoring selama 2 tahun dan pengurus di Lembaga Dakwah Jurusan Fuki Al-Ikrom selama 2 tahun. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik.

Email : cwulandari9@gmail.com

No. HP : 081316994180



Qithrin Labiba, penulis dilahirkan di Sumenep, pada tanggal 19 Juni 1996. Dengan alamat rumah Jl. Letnan Ramli No.4 Kepanjin, Sumenep. Penulis telah menempuh pendidikan formal di antaranya SDN Pajagalan II Sumenep, SMPN 1 Sumenep, SMAN 1 Sumenep, Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya, terdaftar dengan nomor 2314030103.

Selama kuliah penulis aktif mengikuti pelatihan-pelatihan, kegiatan seminar yang diselenggarakan baik oleh jurusan, fakultas, maupun institut dan aktif sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia departemen Kewirausahaan (KWU) selama 2 tahun. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di Petrokimia Gresik.

Email : qithrinlbb@gmail.com

No.HP : 087882180529